

令和 3 年 4 月 16 日現在

機関番号：14401

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K19079

研究課題名(和文)芳香族と脂肪族を見分ける選択的反応開発：多点かつ好位置の弱い相互作用の活用

研究課題名(英文) Selective Recognition of Aromatic or Aliphatic Compounds; Utilization of Weak Interaction on Multi and Suitable Positions

研究代表者

安田 誠 (Yasuda, Makoto)

大阪大学・工学研究科・教授

研究者番号：40273601

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,800,000円

研究成果の概要(和文)：有機化合物は芳香族化合物と脂肪族化合物に大別されるが、これら二種の混合系において選択的に一方を見分けて反応を起こす触媒はこれまで前例がなかった。本研究により、フェノキシ三座配位子を基盤とした有機骨格でホウ素を包含した錯体が、この反応触媒として効率よく作用することを見出した。この際、フェノキシ基のオルト位にアリール基を導入することが必須である。このアリール基に多様な置換基を導入し、その効果と選択性の相関データを多数得た。これらのデータを機械学習によって取り込み、触媒デザインに反映する検討を行なった。機械学習により予想された酸素含有複素環が完全な芳香族選択性を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

有機合成において、複数の原料混合物から選択的にひとつの原料を反応させること、すなわち化学選択的反応は究極の課題である。これまで、大きく特徴の異なる化合物間での選択的反応は達成されてきたが、有機化合物の代表である芳香族化合物と脂肪族化合物を見分ける反応は前例がなかった。本研究ではこのテーマに取り組み、世界で初めて芳香族と脂肪族の混合系から、極めて高い選択性で芳香族化合物を認識する触媒反応を達成した。このことは、従来高いコストのかかっていた化合物分離や、多段階の変換反応を全く必要とせず、今回開発した化合物を触媒として少量添加するだけで達成することができ、学術的にも工業的にも画期的な成果である。

研究成果の概要(英文)： Selective recognition between aromatic and aliphatic compounds has never been realized under catalytic conditions. In this research project, the ligand based on tris (phenoxy) framework acted as an effective structure for boron complexes in the reaction of the selective reaction of aromatic/aliphatic compounds. The substituents at the ortho-position of phenoxy group contributed to the selectivity and many types of the substituents were investigated. A large number of the relationship between the substituents and selectivity were obtained and important information of the ligand design was confirmed. Machine learning was applied to the ligand design based on the data of the relationship. It proposed the suitable structure for high selectivity and the new complex was experimentally synthesized. It gave the highest selectivity, and under low temperature the exclusive formation from aromatic compounds was attained.

研究分野：有機合成化学

キーワード：選択性 芳香族 相互作用 ルイス酸 配位子

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

有機化合物は芳香族化合物と脂肪族化合物に大きく大別される。これらはどちらも極性が低く、酸塩基の作用部位も無く、主となって有機合成反応および選択的反応に与える影響は少ない。したがって有機化合物の炭化水素部分は単なる分子骨格の役割を担い、別に付与されたいわゆる「官能基」がその有機化合物の性状の大部分を決める。つまり同じ官能基を有していれば、芳香族化合物と脂肪族化合物の反応性の差異は小さく、区別されることはない。例えば、ベンズアルデヒドとブタナールの反応性はさほど相違は無く、これらの差を化学的に制御し、選択的反応を行わせることはこれまで合成化学者の間では全く考慮されてこなかった。一方、燃料の性状では芳香族/脂肪族の違いが重要であり、ガソリン製造に代表される工業生産分野では、オクタン価等において、きわめて大きな性状の相違を示す。今後、有機合成戦略においてこれらを区別する方法が確立されれば多大なインパクトを与えることが予想され、その解決に向けた研究が求められている背景状況であった。

2. 研究の目的

本研究では、未踏の課題である芳香族/脂肪族の選択的認識を実現する触媒の開発をめざすこととした。触媒に芳香族を認識する部位を付し、その作用で選択的認識を実現し、かつ触媒化を同時に行うことに挑戦する。

これまで申請者はカゴ型金属錯体を開発してきた。この錯体は堅固な構造をしており、適切な位置に芳香環を置換機として導入することができる。複数の導入した芳香環で作り出す反応場(ポケット)により、基質を認識する。また、その芳香環の拡張、修飾、置換基導入による選択性に与える相関関係について精査し、その認識機能発現の機構を考察する。その結果をふまえ、さらに高効率な触媒デザインにつなげることを目的とした検討を行なった。

3. 研究の方法

(1) カゴ型ホウ素ルイス酸のポケットの修飾

すでに我々はポケットを有するカゴ型ホウ素錯体が、芳香族/脂肪族アルデヒド共存下で、選択的に芳香族アルデヒドを認識する触媒反応を報告していた(AEIC 2012, 3867)。この選択性は基質の芳香族部位がポケットと好位置かつ多点で相互作用することで発現した。この作用の顕在化のために、ポケット部位に新たに3種の化学構造を導入することを計画した。a) ポケットの芳香環をフッ素置換し、 π - π 相互作用の増大をめざす。すでに基質側がフルオロ置換芳香族アルデヒドの場合は高選択性を示すことがわかっており、触媒側にフルオロ環境を付与すれば一般性の高い選択的触媒となる。b) ポケットに複素芳香環を導入し分子内分極および光照射下での電荷移動を促す分子デザインを計画する。母骨格にヘテロ芳香環を導入した錯体の光応答性は応募者が見出しており(CC 2016, 3348)。本課題でポケットに導入できれば、直接的な分子との関与が誘起され高選択性が期待できる。c) ポケットに電子スピン性状部位を導入しラジカルとの相互作用による選択的反応をめざす。我々は、ジベンゾ[a, f]ペンタレンの合成に成功し、反芳香属性とピラジカル性を同時に有する性質を見出した。ピラジカル性により芳香環とのCTに基づく相互作用が期待できる。

(2) ポケット状カゴ型アルミニウム錯体

ホウ素にかえてアルミニウムのポケット錯体を検討する。ポケットAl錯体の合成単離に成功し芳香族/脂肪族競争反応を試したところ、ホウ素錯体よりも高い選択性を示した(選択比: 78:22 94:6)ため、その改良を試みた。Alは原子半径が大きくポケットとの好位置関係が一因と考えているが詳細は不明であり明らかにすべき課題である。母体骨格を変更し、その構造と選択性の関係を精査する。アルミニウムの高い活性化能より、より低温反応条件で反応実施が可能となり、高選択性を期待した検討を行った。

(3) ポケット状カゴ型リン化合物

カゴ状化合物の中心をリンとし、配位子としてPd触媒カップリング反応における芳香族/脂肪族基質の認識能を検討する。Scottはポケットの無いカゴ型Pが配位したアリル錯体を単離した(IC 2001, 856)。我々は予備実験で下図のカゴ型P配位子を合成し、競争的反応系を試したところ、PPh₃に比して本配位子(P-Cage)が芳香族に優位な選択性を示した(選択比: 55:45 79:21)。本課題では、芳香族基質の取込み時の反応場の位置と、ポケットの相互作用が効果的となる母骨格のデザインを検討し、さらなる選択性向上をめざした。

4. 研究成果

(1) カゴ型ホウ素ルイス酸のポケットの修飾と芳香族選択性の実現

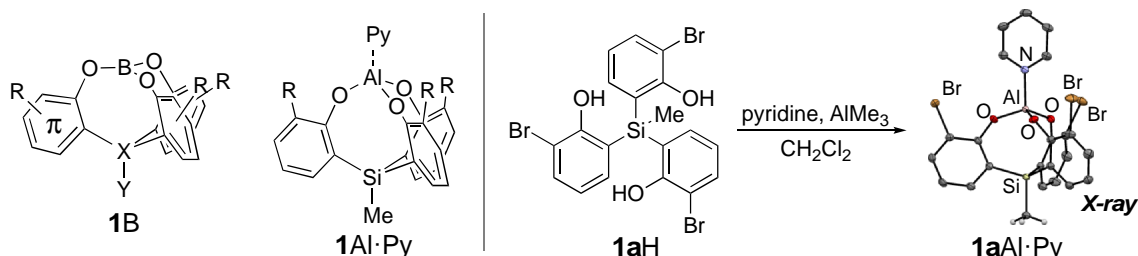
トリフェノキシ配位子を基盤としたカゴ型ホウ素錯体のオルト位に、アリール基を導入することで芳香族化合物を脂肪族化合物に優先して反応させる触媒として作用することが判明して

おり、その機能の向上を目指した。その結果、アリール基に電子供与基および電子求引基のどちらを付与しても選択性が向上することが明らかとなった。これは、従来の化学の観点からは予想しなかった結果であり、きわめて興味深いものである。量子化学計算により、非共有結合性の相互作用が分子認識の主要部分を占め、選択的に認識に大きく影響を与えていることがわかった。また、きわめて多くの相関関係のデータを得たことから、機械学習において、選択性と置換基の関係を精査した。機械学習により、高選択性が期待される触媒構造が提案され、実際に実験的に合成に成功した。その中で、従来よりも高い選択性を示す触媒が見出された。さらに、低温下において、完全に芳香族化合物のみを選択的に認識する世界で初めての触媒系を実現することができた。

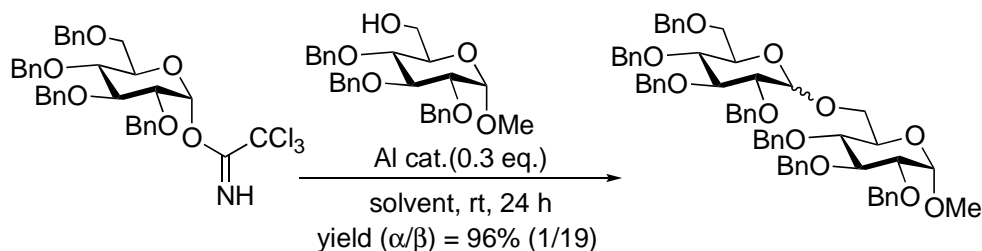
(2) ポケット状カゴ型アルミニウム錯体

有機合成反応において、触媒や活性化剤となるルイス酸の性能を精密に制御することが強く求められている。我々は、ホウ素化合物に対して3座のトリフェノキシ配位子を用いたカゴ型ホウ素錯体の構造規制が、触媒能の発現やルイス酸性の制御に有効であることを見出し、研究を進めていた。一方、同族元素であるアルミニウムでは、容易に多核錯体を与え、得られた錯体の触媒利用の妨げとなっていた。この合成法の確立は重要で、本研究において、ホウ素の化学とは異なるアプローチで取り組んだ。

以下の方針により、アルミニウム単核錯体の合成を検討した。多核化を抑制する配位子設計として、1)基幹元素(X)の変更(C/Si)および、2)アルミニウム近傍への置換基の導入、を検討し単核カゴ型アルミニウム錯体 1Al の合成を試みた。トリフェノール配位子 1aH を用い、ピリジン共存下 AlMe_3 で処理することで、目的の単核カゴ型アルミニウム錯体 1aAl·Py の合成に成功した(下図)。この錯体のX線結晶構造解析にも成功し、4配位型の単核のアルミニウム錯体が生成していることを確認した。プロモ基の立体障害に加え、ピリジンの存在が多核化を抑制したと考えられる。



得られた錯体 1aAl·Py は中程度のルイス酸性を示し、種々の反応に対しルイス酸触媒として機能した。特に、グリコシル化反応に対し、高い触媒活性を示した。また、通常のグリコシル化とは異なり、体の二糖ではなく 体の二糖を選択的に与えた(下図)。反応系中の ^{27}Al NMR 測定から高配位 Al 化学種の発生が示唆された。適度なルイス酸性と剛直なカゴ型骨格が特異な立体選択性を与えたと考えられる。この反応において、 $\text{S}_{\text{N}}2$ 型の反応が高選択的に進行することがわかり、室温での高選択的グリコシル化の触媒化に世界ではじめて成功した。



また、イミデート糖にかえてフッ化糖を用いた場合は、カゴ型アルミニウム錯体は触媒活性を示さなかった。種々の触媒を検討したところ、カゴ型ホウ素錯体がフッ化糖のグリコシル化を促進することが判明した。

(3) ポケット状カゴ型リン化合物による遷移金属触媒反応

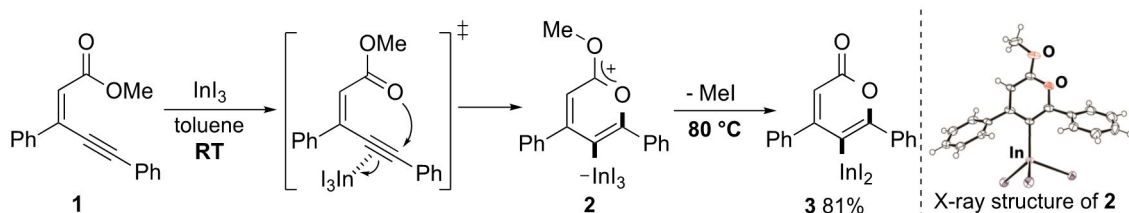
カゴ状化合物の中心をリンとした化合物の合成に成功した。この場合もオルト位に高い置換基を有することが化合物の安定性に寄与することがわかったが、必須条件ではなく、単純な置換様式の配位子も合成可能であった。不斉のカゴ型配位子を有するリン化合物の合成にも成功し、鈴木-宮浦反応の不斉検討を行ったところ、中程度のエナンチオ選択性が発現することがわかった。また、ポケットを有する配位子を用いたところ、高い置換基を有する基質を避ける形での選択性が実現した。今後は、芳香族選択性に関する検討を行いつつ、本配位子の可能性を探っていく予定である。

(4) カルボメタル化による複素環合成

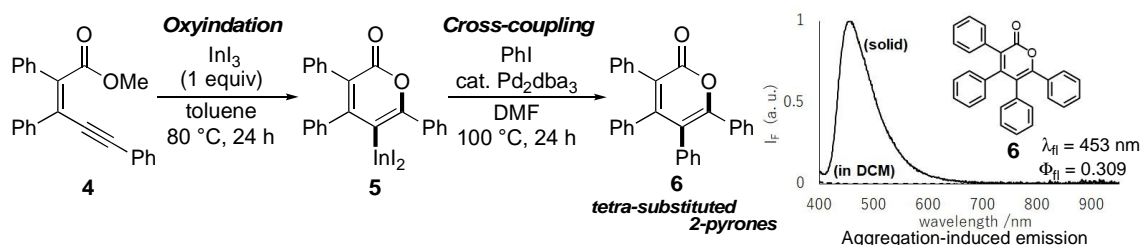
上記研究により、カゴ型金属錯体が生み出す反応場とルイス酸性は、新しい選択的反応の鍵であるとの認識が得られ、この結果を参考に、重元素であるインジウムやガリウムを用いたルイス酸反応へも焦点を当てた検討を行なった。その結果、インジウムやガリウムがルイス酸として作用する複素環合成においてきわめて効率のよい系を見出した。

炭素 - 炭素多重結合に対するオキシメタル化は炭素 - 金属結合および炭素 - 酸素結合を同時に形成する優れた反応である。特に、環化反応を伴う場合は複素環骨格を有する有機金属化合物の強力な合成手法となる。本研究では高周期典型金属塩であるハロゲン化インジウムを用いたオキシインジウム化により多置換 2-ピロンの選択的合成法を確立した。

カルボニル-エン-イン化合物と InI_3 の反応において、室温でオキシインジウム化が進行し、双性イオン **2** が生成していることが X 線結晶構造解析により判明した。さらに、昇温すると MeI の脱離が進行し、4 位に炭素 - インジウム結合を有する 2-ピロン **3** が生成した。以上のことから、本反応の律速段階はオキシインジウム化により得られた双性イオン **2** からの MeI の脱離段階であることが明らかとなった。



カルボニル-エン-イン化合物のオキシインジウム化により合成した有機インジウム化合物 **5** に対して、ワンポットでヨードベンゼンと Pd 触媒を加えるとカップリング反応が進行し、4 置換 2-ピロン **6** を高効率で得られた。また、この 4 置換 2-ピロンは凝集誘起発光特性を示した。またこれらは、中分子合成のユニットとしても期待される。



(5) ジベンゾペンタレンとカゴ型錯体の共存型触媒の開発

ジベンゾペンタレンとカゴ型錯体の共存型触媒の合成を試み、その端緒となる結果を得た。上記のさまざまな系において見出した選択的反応を、この触媒を用いて今後検討していくことに期待がもてる。ジラジカル性とルイス酸の相関における新しい化学の端緒が見出され、ルイス酸に新しい分野を構築する可能性を示唆した。

(6) ルイス酸の特性を活かした各種反応開発および新物性化合物合成

カゴ型金属錯体の検討を通して、ルイス酸性の調整が反応開発に重要であることが判明し、またそれぞれの反応を制御する相互作用に関する情報を多数得た。この知見を活用し、各種新反応開発および新物性化合物合成を検討し、多くの反応系と新化合物を見出した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 15件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Konishi Akihito, Satake Shoya, Yasuda Makoto	4. 巻 49
2. 論文標題 Catalytic Cycloisomerization of Conjugated Bisbutatrienes into Pentalene Skeletons: Synthesis and Properties of Bisbutatrienes with an Acenaphthene Backbone	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 589 ~ 592
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.200121	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Nishimoto Yoshihiro, Yasuda Makoto	4. 巻 15
2. 論文標題 Carbometalation and Heterometalation of Carbon Carbon Multiple Bonds Using Group 13 Heavy Metals: Carbogallation, Carboindation, Heterogallation, and Heteroindation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemistry An Asian Journal	6. 最初と最後の頁 636 ~ 650
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/asia.201901730	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Kang Kyoungmin, Sakamoto Kosuke, Nishimoto Yoshihiro, Yasuda Makoto	4. 巻 26
2. 論文標題 Synthesis of (Z) (Carbonylamino)alkenylindium through Regioselective anti Carboindation of Ynamides and Its Transformation to Multisubstituted Enamides	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemistry A European Journal	6. 最初と最後の頁 4930 ~ 4934
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.201905175	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Minami Yohei, Konishi Akihito, Yasuda Makoto	4. 巻 21
2. 論文標題 Synthesis of -Alkenyl, -Unsaturated Ketones via Dehydrogermylation of Oxagermacycles with Regeneration of the Germanium(II) Species	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 9818 ~ 9823
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.9b03454	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tanaka Daiki, Kadonaga Yuichiro, Manabe Yoshiyuki, Fukase Koichi, Sasaya Shota, Maruyama Hikaru, Nishimura Sota, Yanagihara Mayu, Konishi Akihito, Yasuda Makoto	4. 巻 141
2. 論文標題 Synthesis of Cage-Shaped Aluminum Aryloxides: Efficient Lewis Acid Catalyst for Stereoselective Glycosylation Driven by Flexible Shift of Four- to Five-Coordination	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 17466 ~ 17471
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.9b08875	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yata Tetsuji, Kita Yuji, Nishimoto Yoshihiro, Yasuda Makoto	4. 巻 84
2. 論文標題 Regioselective Synthesis of 5-Metalated 2-Pyrones by Intramolecular Oxymetalation of Carbonyl-ene-yne Compounds Using Indium Trihalide	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 14330 ~ 14341
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.joc.9b02186	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kang Kyoungmin, Nishimoto Yoshihiro, Yasuda Makoto	4. 巻 84
2. 論文標題 Regio- and Stereoselective Carboaddition of Internal Alkynyl Ethers with Organosilicon or -stannane Nucleophiles	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 13345 ~ 13363
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.joc.9b01505	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Suzuki Kensuke, Nishimoto Yoshihiro, Yasuda Makoto	4. 巻 21
2. 論文標題 Geometrically Selective Synthesis of (E)-Enamides via Radical Allylation of Alkyl Halides with -Aminoallylic Stannanes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 6589 ~ 6592
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.9b01744	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nishimoto Yoshihiro, Nakao Shuichi, Machinaka Shota, Hidaka Fumiko, Yasuda Makoto	4. 巻 25
2. 論文標題 Synthesis and Characterization of Pheox- and Phebox-Aluminum Complexes: Application as Tunable Lewis Acid Catalysts in Organic Reactions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemistry A European Journal	6. 最初と最後の頁 10792 ~ 10796
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.201901791	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Konishi Akihito, Horii Koki, Shiomi Daisuke, Sato Kazunobu, Takui Takeji, Yasuda Makoto	4. 巻 141
2. 論文標題 Open-Shell and Antiaromatic Character Induced by the Highly Symmetric Geometry of the Planar Heptalene Structure: Synthesis and Characterization of a Nonalternant Isomer of Bisanthene	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 10165 ~ 10170
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.9b04080	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Akihito Konishi, Yui Okada, Ryohei Kishi, Masayoshi Nakano, Makoto Yasuda	4. 巻 141
2. 論文標題 Enhancement of Antiaromatic Character via Additional Benzoannulation into Dibenzo[a,f]pentalene: Syntheses and Properties of Benzo[a]naphtho[2,1-f]pentalene and Dinaphtho[2,1-a,f]pentalene	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J. Am. Chem. Soc.	6. 最初と最後の頁 560-571
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.8b11530	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Minami Yohei, Nishida Kento, Konishi Akihito, Yasuda Makoto	4. 巻 15
2. 論文標題 Characterization of Highly Coordinated Allylgermanes: Pivotal Players for Enhanced Nucleophilicity and Stereoselectivity	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemistry - An Asian Journal	6. 最初と最後の頁 1852 ~ 1857
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/asia.202000392	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kang Kyoungmin, Sakamoto Kosuke, Nishimoto Yoshihiro, Yasuda Makoto	4. 巻 49
2. 論文標題 anti-Carbometalation of Alkynyl Sulfides Using Indium Tribromide and Ketene Silyl Acetals	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 1136 ~ 1139
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.200400	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nakao Shuichi, Saikai Miki, Nishimoto Yoshihiro, Yasuda Makoto	4. 巻 2021
2. 論文標題 InBr ₃ Catalyzed Coupling Reaction between Electron Deficient Alkenyl Ethers with Silyl Enolates for Stereoselective Synthesis of 1,5 Dioxo alkenes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 European Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 77 ~ 81
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ejoc.202001342	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Suzuki Kensuke, Nishimoto Yoshihiro, Yasuda Makoto	4. 巻 27
2. 論文標題 (o Phenylenediamino)borylstannanes: Efficient Reagents for Borylation of Various Alkyl Radical Precursors	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal	6. 最初と最後の頁 3968 ~ 3973
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.202004692	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件 (うち招待講演 7件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 Makoto Yasuda
2. 発表標題 Cage-shaped Aluminum Aryloxides as a Lewis Acid Catalyst
3. 学会等名 The 1st Symposium for the Distinguished Lectureship Awards on The International Cutting-Edge Organic Chemistry in Asia (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Makoto Yasuda
2. 発表標題 Germyl Enolates Characterizations, Structures and Reactivity of Stereoselective Aldol Reactions
3. 学会等名 International Conference on the Coordination and Organometallic Chemistry of Germanium, Tin and Lead (ICCOG-GTL-16) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Makoto Yasuda
2. 発表標題 Cage-Shaped Aluminum Lewis Acid Catalyst for Selective Reactions
3. 学会等名 The 18th Asian Chemical Congress and the 20th General Assembly of the Federation of Asian Chemical Societies (ACC 2019)- Joint FACS/IUPAC ChemRAWN Symposium on Green Catalysis (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Makoto Yasuda
2. 発表標題 Regio- and Stereoselective Synthesis of Functionalized Organic Compounds via Main Group Organometallic Compounds
3. 学会等名 The University of Hong Kong -Osaka University, 2nd Joint Symposium on Materials Research - Diverse Aspects of Future Chemistry - (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安田 誠
2. 発表標題 典型金属の性状制御
3. 学会等名 第5回 新学術領域研究「反応集積化が導く中分子戦略：高次生物機能分子の創製」若手シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Makoto Yasuda
2. 発表標題 Lewis Acidity of Borates Controlled by Their Cage-Structure
3. 学会等名 Strasbourg University -Osaka University, Joint Symposium on "Diverse Facets of Chemistry II" (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安田 誠
2. 発表標題 有機典型金属反応剤の構造と選択性
3. 学会等名 日本化学会近畿支部北陸地区講演会と研究発表会(招待講演)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------